

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-230677

(P2001-230677A)

(43)公開日 平成13年8月24日 (2001.8.24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 03 M 13/09		H 03 M 13/09	5 B 001
G 06 F 11/10	3 3 0	G 06 F 11/10	3 3 0 C 5 J 065
H 03 M 13/13		H 03 M 13/13	3 3 0 F
13/27		13/27	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2000-37593(P2000-37593)	(71) 出願人	000001258 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22) 出願日	平成12年2月16日 (2000.2.16)	(72) 発明者	鈴木 浩 東京都千代田区内幸町2丁目2番3号 川崎製鉄株式会社内
		(74) 代理人	100079175 弁理士 小杉 佳男 (外1名)

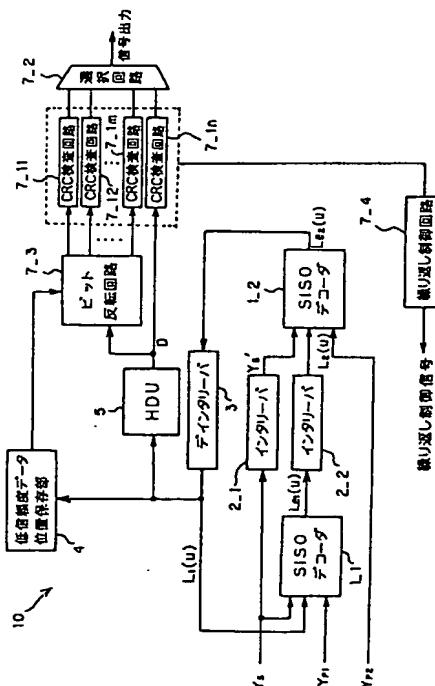
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 ターボ復号器

## (57)【要約】

【課題】 处理速度の遅延を抑えたまま消費電力の一層の低減化が図られたターボ復号器を提供する。

【解決手段】 S I S O デコーダ 1\_1, 1\_2, インタリーバ 2\_1, 2\_2, デインタリーバ 3 からなる繰り返し復号部から出力された、繰り返し過程における軟判定結果中の低信頼度の低いデータ位置を低信頼度データ位置保存部 4 に保存し、低信頼度データ位置保存部 4 に保存されたデータ位置のデータの論理をビット反転回路 7\_3 で反転して C R C 検査回路 7\_11, 7\_1  
2, …, 7\_1 m, 7\_1 n で C R C 検査を同時に行ない、C R C 検査結果に誤りなしと判定された場合に繰り返し制御回路 7\_4 で復号過程の繰り返しを終了させるとともに、選択回路 7\_2 で復号結果を出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ターボ符号化されたデータを所定のデータ系列単位で入力してターボ復号を行なうターボ復号器において、

前記データ系列を入力して軟判定を伴う復号過程を複数回繰り返す繰り返し復号部と、

前記繰り返し復号部における軟判定復号結果を受け取つて硬判定を行なうことにより復号データ系列を生成する硬判定部と、

前記硬判定部で得られた復号データ系列についてCRC検査を行なうCRC検査部と、

前記繰り返し復号部における軟判定復号結果中の信頼度の低いデータ位置を保存する低信頼度データ位置保存部とを備え、

前記CRC検査部が、前記硬判定部で得られた復号データ系列にCRC検査を行なうとともに、該復号データ系列を基に、該復号データ系列中の、前記低信頼度データ位置保存部に保存された信頼度の低いデータ位置のデータの論理を反転したデータ系列にもCRC検査を行なうものであることを特徴とするターボ復号器。

【請求項2】 前記低信頼度データ位置保存部が、前記繰り返し復号部が復号過程を繰り返すごとに、今回の繰り返し過程における軟判定結果中の信頼度の低いデータ位置を保存するものであり、

前記CRC検査部が、前記硬判定部で得られた復号データ系列中の、前記低信頼度データ位置保存部に前回の繰り返し過程において保存されたデータ位置のデータの論理を反転してCRC検査を行なうものであって、

前記CRC検査部におけるCRC検査結果に誤りなしと判定されたデータ系列が得られた場合に、前記繰り返し復号部における復号過程の繰り返しを終了する繰り返し制御部を備えたことを特徴とする請求項1記載のターボ復号器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ターボ符号化されたデータを所定のデータ系列単位で入力してターボ復号を行なうターボ復号器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、受信電波の強度がめまぐるしく変動する状態(フェージング)が発生する移動体通信等の通信路における誤り訂正能力を高めるために、ターボ符号器およびターボ復号器を用いた通信方式が注目されている。

【0003】 図2は、従来の、ターボ符号器およびターボ復号器を用いた通信方式における回路構成を示す図である。

【0004】 図2には、送信側であるターボ符号器200および変調器300と、通信路400と、受信側である復調器500およびターボ復号器100とが示されて

いる。

【0005】 ターボ符号器200には、疊込み符号器201、202とインタリーバ203が備えられている。このターボ符号器200には、情報ビットを表す2値変数 $u = (u_1, u_2, \dots, u_N)$ が入力される。入力された2値変数 $u$ は、そのまま送信データ $X_s = (X_1^s, X_2^s, \dots, X_N^s)$ として出力されるとともに、疊込み符号器201とインタリーバ203に入力される。

【0006】 疊込み符号器201には、図示しない遅延回路と排他的論理和ゲートが備えられている。疊込み符号器201は、入力された2値変数 $u$ を遅延回路で1ビット分づつ遅延し、遅延した1ビット分それぞれを排他的論理和ゲートで演算することにより、時間的に前後関係を持つ符号化データ(疊込み符号) $X_{p1} = (X_1^{p1}, X_2^{p1}, \dots, X_N^{p1})$ を生成する。

【0007】 インタリーバ203は、入力された2値変数 $u$ をメモリに順次書き込み、書き込まれた2値変数 $u$ を所定のアルゴリズムに従って読み出して疊込み符号器202に入力する。

【0008】 疊込み符号器202は、前述した疊込み符号器201と同様にして、インタリーバ203からのデータを遅延し排他的論理和演算を行なって符号化データ(疊込み符号) $X_{p2} = (X_1^{p2}, X_2^{p2}, \dots, X_N^{p2})$ を生成する。

【0009】 変調器300には、ターボ符号器200から出力された送信データ $X_s$ と符号化データ $X_{p1}, X_{p2}$ が入力される。変調器300は、入力された送信データ $X_s$ 、符号化データ $X_{p1}, X_{p2}$ を2相位相変調方式(BPSK: Binary Phase Shift Keying)あるいは4相位相変調方式(QPSK: Quadrature Phase Shift Keying)等の変調方式により変調して通信路400に送出する。

【0010】 通信路400では雑音が付加され、雑音が含まれた送信データ $X_s$ 、符号化データ $X_{p1}, X_{p2}$ が、復調器500に入力される。

【0011】 復調器500では、これらの受信データを軟判定処理する。軟判定処理とは、復調された信号の電圧レベルを3レベル以上の複数レベルに分けて出力する処理であり、例えば8種類の多値データ(0, 1, …, 7)に振り分けて出力する。復調器500からは、このように軟判定処理された、送信データ $X_s$ 、符号化データ $X_{p1}, X_{p2}$ に対する受信データ $Y_s = (Y_1^s, Y_2^s, \dots, Y_N^s)$ 、符号化データ $Y_{p1} = (Y_1^{p1}, Y_2^{p1}, \dots, Y_N^{p1})$ 、 $Y_{p2} = (Y_1^{p2}, Y_2^{p2}, \dots, Y_N^{p2})$ が出力される。これら受信データ $Y_s$ 、符号化データ $Y_{p1}, Y_{p2}$ はターボ復号器100に入力される。

【0012】 このターボ復号器100には、軟出力復号器11, 12と、インタリーバ13, 14と、デインタリーバ15, 22と、硬判定部16と、演算器17, 1

8とが備えられている。軟出力復号のアルゴリズムとしてはMAP (Maximum A Posteriori) 復号やSOVA (Soft Output Viterbi Algorithm) 等が用いられる。以下では、軟出力復号のアルゴリズムとしてMAP復号を用いる場合を例に挙げて説明する。

【0013】先ず、ターボ符号の理解のため、どのような信頼度情報（尤度情報と称する）が用いられるのかを説明する。簡単のために、受信データ $Y_s$ 、符号化データ $Y_p$ を、 $Y = (Y_s, Y_p)$ とする。ここで、 $Y_p$ は軟出力復号器のパリティ入力、すなわち $Y_{p1}$ もしくは $Y_{p2}$ とする。MAP復号器では、デコード結果（復号結果）は\*

$$\gamma_i(y_k, S_{k-1}, S_k) = 1/2 [L_{\sigma_M}(u_k)u_k + L_c y_k^s u_k + L_e y_k^p x_k^p]$$

【0016】ただし、 $L_{\sigma_M}$ は軟出力復号器11の場合は軟出力復号器12で計算された、また軟出力復号器12の場合は軟出力復号器11で計算された事前情報尤度である。また、 $L_c$ は信号対雑音比により定まる定数であり、 $L_c = 4 E_c / N_0$ である。ただし、 $E_c$ は符号化

$$\alpha_k(S_k) = \max_{(S_{k-1}, l)} (\gamma_l(y_k, S_{k-1}, S_k) + \alpha_{k-1}(S_{k-1}))$$

\*次の対数尤度比に従って、 $u_k = +1$ であるか $u_k = -1$ であるかが決定される。

$$[0014] L_k(u_k) = \log P(u_k = +1 | Y) / P(u_k = -1 | Y)$$

加法的アルゴリズムを用いると対数尤度比は以下のように計算される。 $S_k$ を時間 $k$ での状態とする。 $S_k$ は0から $2^M - 1$ までの値をとる。ただし、 $M$ は符号器での記憶要素の数である。状態が $S_{k-1}$ から $S_k$ に変化した場合のランチメトリクスは以下のように計算される。

【0015】

【数1】

※ビット毎のエネルギー、 $N_0$ は雑音スペクトル密度である。前方再帰ステートメトリクス、後方再帰ステートメトリクスは次の式で計算される。

【0017】

【数2】

$$\beta_k(S_k) = \max_{(S_{k-1}, l)} (\gamma_l(y_{k-1}, S_k, S_{k+1}) + \beta_{k+1}(S_{k+1}))$$

【0018】ただし、 $\max$ （上下の添字は省略）は、★【0019】  
次の補正項付きの最大値関数である。★【数3】

$$\max_l A_l = A_M + \log \left( 1 + \sum_{l=M} \exp(A_l - A_M) \right)$$

$$A_M = \max_l A_l$$

【0020】補正項は小さなルックアップテーブルを用いて実現される。最終的に対数尤度比は以下のように計算される。

$$L_R(u_k) = \max_{(S_{k-1}, S_k)} (\gamma_i(y_k, S_{k-1}, S_k) + \alpha_{k-1}(S_{k-1}) + \beta_k(S_k))$$

$$- \max_{(S_{k-1}, S_k)} (\gamma_o(y_k, S_{k-1}, S_k) + \alpha_{k-1}(S_{k-1}) + \beta_k(S_k))$$

【0022】ターボ符号では対数尤度比は3つの項に分けられる。

【0023】

【数5】

$$L_R(u_k) = L_c y_k^s + L_{in}^o(u_k) + L_{ow}^o(u_k)$$

【0024】最後の項は外部尤度情報といい、パリティ情報のみから計算される値である。この外部尤度情報の

50 みが軟出力復号器11に事前尤度情報としてフィードバ

5 ックされる。

【0025】次に、ターボ復号器100の構成について説明する。

【0026】ターボ復号器100を構成する軟出力復号器11には、受信データ $Y_s$ と、符号化データ $Y_{p1}$ と、デインタリーバ15からのフィードバック情報である事前尤度情報 $L_1(u)$ とが入力される。最初の時点では、事前尤度情報 $L_1(u)$ の値は‘0’にある。軟出力復号器11では、受信データ $Y_s$ に定数 $L_c$ を乗算して通信路値 $L_c \cdot Y_s$ を推定し、この通信路値 $L_c \cdot Y_s$ と符号化データ $Y_{p1}$ とに基づいて軟出力データ $L_1(u^*)$ を出力する。尚、定数 $L_c$ は、通信路400における信号対雑音比の大きさに応じて、図示しない制御用プロセッサにより設定される。

【0027】演算器17は、入力された軟出力データ $L_1(u^*)$ から通信路値 $L_c \cdot Y_s$ を減算して外部尤度情報 $L_{e1}(u)$ を推定する。具体的には、受信データ $Y_s$ に小さな雑音のみが含まれておりその受信データ $Y_s$ の信頼度が高い場合は定数 $L_c$ の値は大きく設定される。このため、大きな通信路値 $L_c \cdot Y_s$ を用いて軟出力データ $L_1(u^*)$ が計算され、受信データ $Y_s$ を中心にターボ復号が行なわれることとなる。一方、受信データ $Y_s$ に大きな雑音が含まれておりその受信データ $Y_s$ の信頼度が低い場合は定数 $L_c$ の値は小さく設定される。このため、小さな通信路値 $L_c \cdot Y_s$ を用いて軟出力データ $L_1(u^*)$ が計算され、軟出力データ $L_1(u^*)$ を中心にターボ復号が行なわれることとなる。

【0028】インターバ14は、演算器17からの外部尤度情報 $L_{e1}(u)$ をそのインターバ14内のメモリに順次書き込み、次いでそのメモリから、前述したインターバ203における場合と同じアルゴリズムで読み出すことにより事前尤度情報 $L_2(u)$ を推定する。この事前尤度情報 $L_2(u)$ は、軟出力復号器11で得られた軟出力データ $L_1(u^*)$ から与えられる外部尤度情報である。

【0029】インターバ13は、受信データ $Y_s$ をそのインターバ13内のメモリに順次書き込み、次いでそのメモリから、前述したインターバ203における場合と同じアルゴリズムで読み出すことにより受信データ $Y_s'$ を出力する。

【0030】軟出力復号器12には、インターバ13、14からの受信データ $Y_s'$ 、事前尤度情報 $L_2(u)$ が入力される。また、復調器500からの符号化データ $Y_{p2}$ も入力される。この符号化データ $Y_{p2}$ は、前述したようにインターバ203を経由して生成されたデータであるため、受信データ $Y_s'$ 、事前尤度情報 $L_2(u)$ と同じ並びの順序データである。軟出力復号器12は、受信データ $Y_s'$ に定数 $L_c$ を乗算して通信路値 $L_c \cdot Y_s'$ を推定する。また、これと同期して符号化データ $Y_{p2}$ に定数 $L_c$ を乗算して通信路値 $L_c \cdot Y_{p2}$ を推

定し、これら通信路値 $L_c \cdot Y_s'$ 、 $L_c \cdot Y_{p2}$ と事前尤度情報 $L_2(u)$ に基づいて軟出力データ $L_2(u^*)$ を出力する。出力された軟出力データ $L_2(u^*)$ は、硬判定部16および演算器18に入力される。

【0031】硬判定部16は、多値の軟出力データ $L_2(u^*)$ が2値のデータのいずれに属するのかの硬判定を行なってデインタリーバ22を経由して2値データDを出力する。1回だけで復号結果を推定する場合はここで終了するが、一般にターボ復号器100は、n回( $n = 2, 3, \dots$ )上述の過程を繰り返して復号結果を推定するものであるため、以下の動作が引き続き行なわれる。

【0032】演算器18には、軟出力データ $L_2(u^*)$ と、受信データ $Y_s'$ と、事前尤度情報 $L_2(u)$ とが入力される。演算器18は、受信データ $Y_s'$ と事前尤度情報 $L_2(u)$ に基づいて軟出力データ $L_2(u^*)$ を減算し、外部尤度情報 $L_{e2}(u)$ を推定する。この外部尤度情報 $L_{e2}(u)$ は、軟出力復号器12からの、 $n-1$ 回目の復号結果から推定される外部尤度情報である。この外部尤度情報 $L_{e2}(u)$ はデインタリーバ15に入力される。

【0033】デインタリーバ15は、入力された外部尤度情報 $L_{e2}(u)$ を前述したアルゴリズムとは逆のアルゴリズムにより処理して受信データ $Y_s$ と同じ並び順に変換して事前尤度情報 $L_1(u)$ を推定し、軟出力復号器11および演算器17にフィードバックする。

【0034】このように、ターボ復号器100では、事前尤度情報 $L_1(u)$ 、 $L_2(u)$ を2つの軟出力復号器がお互いに繰り返しフィードバックして復号を行なうことにより、データの誤り訂正能力を高めることができる。また、インターバル処理によるデータの並び替えにより、通信路400の特定部分に発生する雑音によるデータの誤りを精度よく訂正することができる。

【0035】

【発明が解決しようとする課題】通信路におけるデータの信号対雑音比は時々刻々変化するものであるが、上述したターボ復号器100では、復号の繰り返し回数は、最悪の信号対雑音比を考慮して設定される。このため、信号対雑音比が比較的高いブロックを受信した場合、ターボ復号器100では過剰な繰り返しが行なわれることとなり、従って余分な電力が消費されるという問題がある。

【0036】そこで、最近発表された論文(“Reducing Power Consumption of Turbo Code Decoder Using Adaptive Iteration with Variable Supply Voltage”, Proc. IEEE Intnl. Symp. on Low Power Design, San Diego CA, pp. 76-81, Aug. 199

9) には、ターボ復号を繰り返すことにより誤り訂正処理してCRC検査を行ない、誤りなしと判定された場合その繰り返しを終了して復号結果を推定することにより消費電力の低減化が図られたターボ復号器が提案されている。しかし、信号対雑音比が比較的低いデータ系列を受信した場合は、CRC検査で誤りなしと判定されるまでにターボ復号の繰り返しが多数回行なわれることとなり、消費電力の低減化に欠ける面がある。

【0037】また、特開平10-303759号公報には、入力された軟判定データをビタビ復号器でビット系列に復号し、復号されたビット系列のビットそれぞれに對して信頼度情報を付加してデータ系列を推定し、それらデータ系列をCRC検査して誤りなしと判定された場合はそのデータ系列を復号結果として出力する一方、誤りありと判定された場合は信頼度情報の総和が小さくなる順に誤りなしと判定されるまでビット反転を行なって復号結果を推定する技術が提案されている。しかし、この技術では、復号されたビット系列に信頼度情報を付加してCRC検査を行なうものであるため、CRC検査のために必要な時間は長く、従って復号結果を推定するまでの処理速度が遅延するという問題がある。

【0038】本発明は、上記事情に鑑み、処理速度の遅延を抑えたまま消費電力の一層の低減化が図られたターボ復号器を提供することを目的とする。

#### 【0039】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明のターボ復号器は、ターボ符号化されたデータを所定のデータ系列単位で入力してターボ復号を行なうターボ復号器において、上記データ系列を入力して軟判定を伴う復号過程を複数回繰り返す繰り返し復号部と、上記繰り返し復号部における軟判定復号結果を受け取って硬判定を行なうことにより復号データ系列を生成する硬判定部と、上記硬判定部で得られた復号データ系列についてCRC検査を行なうCRC検査部と、上記繰り返し復号部における軟判定復号結果中の信頼度の低いデータ位置を保存する低信頼度データ位置保存部とを備え、上記CRC検査部が、上記硬判定部で得られた復号データ系列にCRC検査を行なうとともに、その復号データ系列を基に、その復号データ系列中の、上記低信頼度データ位置保存部に保存された信頼度の低いデータ位置のデータの論理を反転したデータ系列にもCRC検査を行なうものであることを特徴とする。

【0040】本発明のターボ復号器は、軟判定復号結果中の信頼度の低いデータ位置のデータの論理を反転してデータ系列を推定してCRC検査を行なうものであるため、例えばフェージングの発生によりデータ系列の一部にノイズが含まれた場合、そのデータ系列中の、ノイズが含まれたデータのみの論理が反転されてCRC検査が行なわれる。従って、CRC検査で誤りなしと判定される確率が高まることとなり、前述した論文(1999)

IEEE Int'l. Symp. on Low Power Design)に提案された技術と比較し、CRC検査で誤りなしと判定されるまでの時間が短くて済み、消費電力の一層の低減化が図られる。また、特開平10-303759号公報に提案された、軟判定データをビット系列に復号しそのビット系列に信頼度情報を付加してCRC検査を行なう技術と比較し、CRC検査を行なうために必要な時間が短くて済み、復号結果を推定するまでの処理速度の遅延を抑えることができる。

【0041】ここで、上記低信頼度データ位置保存部が、上記繰り返し復号部が復号過程を繰り返すごとに、今回の繰り返し過程における軟判定結果中の信頼度の低いデータ位置を保存するものであり、上記CRC検査部が、上記硬判定部で得られた復号データ系列中の、上記低信頼度データ位置保存部に前回の繰り返し過程において保存されたデータ位置のデータの論理を反転してCRC検査を行なうものであって、上記CRC検査部におけるCRC検査結果に誤りなしと判定されたデータ系列が得られた場合に、上記繰り返し復号部における復号過程の繰り返しを終了する繰り返し制御部を備えることが好ましい。

【0042】このようにすると、信頼度の低いデータ位置の保存とCRC検査と同時に行なうことができるとともに、CRC検査結果に誤りなしと判定された場合に復号過程の繰り返しを即座に終了することができるため、復号結果を一層短時間で推定することができる。

#### 【0043】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0044】図1は、本発明の一実施形態のターボ復号器のブロック図である。

【0045】図1に示すターボ復号器10には、SISO(Soft Input Soft Output)デコーダ1\_1, 1\_2と、インタリーバ2\_1, 2\_2と、デインタリーバ3と、低信頼度データ位置保存部4と、HDU(Hard Decision Unit)5と、CRC検査回路7\_11, 7\_12, …, 7\_1m, 7\_1nと、選択回路7\_2と、ビット反転回路7\_3と、繰り返し制御回路7\_4とが備えられている。

【0046】SISOデコーダ1\_1, 1\_2、インタリーバ2\_1, 2\_2、デインタリーバ3が、本発明にいう繰り返し復号部に相当する。また、CRC検査回路7\_11, 7\_12, …, 7\_1m, 7\_1n、選択回路7\_2、ビット反転回路7\_3、繰り返し制御回路7\_4が、本発明にいうCRC検査部に相当する。

【0047】SISOデコーダ1\_1には、前述した図2に示す復調器500から出力された受信データY<sub>s</sub>および符号化データY<sub>p</sub>と、デインタリーバ1\_3から出力されたフィードバック情報である事前尤度情報L<sub>1</sub>(u)

が入力される。最初の時点では、事前尤度情報  $L_1(u)$  の値は '0' にある。SISOデータ  $1\_1$  では、受信データ  $Y_s$  に定数  $L_c$  を乗算して通信路値  $L_c \cdot Y_s$  を推定し、この通信路値  $L_c \cdot Y_s$  と符号化データ  $Y_{p1}$  に基いて軟出力データ  $L_1(u^*)$  を推定する。尚、定数  $L_c$  は、前述した図2に示す通信路400における信号対雜音比の大きさに応じて設定される。さらに、SISOデコーダ  $1\_1$  は、推定した軟出力データ  $L_1(u^*)$  から通信路値  $L_c \cdot Y_s$  を減算して外部尤度情報  $L_{e1}(u)$  を生成して出力する。受信データ  $Y_s$  に小さな雜音のみが含まれておりその受信データ  $Y_s$  の信頼度が高い場合は定数  $L_c$  の値は大きく設定されるため、大きな通信路値  $L_c \cdot Y_s$  を用いて軟出力データ  $L_1(u^*)$  が計算され、受信データ  $Y_s$  を中心にターボ復号が行なわれることとなる。一方、受信データ  $Y_s$  に大きな雜音が含まれておりその受信データ  $Y_s$  の信頼度が低い場合は定数  $L_c$  の値は小さく設定されるため、小さな通信路値  $L_c \cdot Y_s$  を用いて軟出力データ  $L_1(u^*)$  が計算され、軟出力データ  $L_1(u^*)$  を中心にターボ復号が行なわれることとなる。

【0048】インタリーバ  $2\_2$  は、SISOデコーダ  $1\_1$  からの外部尤度情報  $L_{e1}(u)$  をそのインタリーバ  $2\_2$  内のメモリに順次書き込み、次いでそのメモリから、前述した図2に示すインタリーバ  $203$  における場合と同じアルゴリズムに従って読み出すことにより事前尤度情報  $L_2(u)$  を推定する。

【0049】インタリーバ  $2\_1$  は、受信データ  $Y_s$  をそのインタリーバ  $2\_1$  内のメモリに順次書き込み、次いでそのメモリから、前述したインタリーバ  $203$  における場合と同じアルゴリズムに従って読み出すことにより受信データ  $Y_s$  を出力する。

【0050】SISO  $1\_2$  デコーダには、インタリーバ  $2\_1, 2\_2$  からの受信データ  $Y_s'$ 、事前尤度情報  $L_2(u)$  が入力される。また、復調器500からの符号化データ  $Y_{p2}$  も入力される。この符号化データ  $Y_{p2}$  は、前述したようにインタリーバ  $203$  を経由して生成されたデータであるため、受信データ  $Y_s'$ 、事前尤度情報  $L_2(u)$  と同じ並びの順序データである。SISOデコーダ  $1\_2$  は、受信データ  $Y_s'$  に定数  $L_c$  を乗算して通信路値  $L_c \cdot Y_s'$  を推定する。また、これと同期して符号化データ  $Y_{p2}$  に定数  $L_c$  を乗算して通信路値  $L_c \cdot Y_{p2}$  を推定し、これら通信路値  $L_c \cdot Y_s'$ 、 $L_c \cdot Y_{p2}$  と事前尤度情報  $L_2(u)$  に基づいて軟出力データ  $L_2(u^*)$  を推定する。さらに、SISOデコーダ  $1\_2$  は、受信データ  $Y_s'$  と事前尤度情報  $L_2(u)$  に基づいて軟出力データ  $L_2(u^*)$  を減算し、外部尤度情報  $L_{e2}(u)$  を生成して出力する。この外部尤度情報  $L_{e2}(u)$  はインタリーバ  $3$  に入力される。

【0051】インタリーバ  $3$  は、入力された外部尤度情報  $L_{e2}(u)$  を前述したアルゴリズムとは逆のアル

ゴリズムに従って処理して受信データ  $Y_s$  と同じ並び順に変換して、軟判定復号結果である事前尤度情報  $L_1(u)$  を出力する。

【0052】低信頼度データ位置保存部4は、インタリーバ  $3$  から出力された事前尤度情報  $L_1(u)$  中の信頼度の低いデータ位置を1箇所以上保存する。換言すると、SISOデコーダ  $1\_1, 1\_2$ 、インタリーバ  $2\_1, 2\_2$ 、インタリーバ  $3$  からなる繰り返し復号部が復号過程を繰り返すごとに、今回の繰り返し過程における軟判定結果中の信頼度の低いデータ位置を1箇所以上保存する。

【0053】HDU5は、インタリーバ  $3$  からの事前尤度情報  $L_1(u)$  を受け取って2値のデータのいずれに属するのかの硬判定を行なって、2値の復号データ系列Dを出力する。

【0054】ピット反転回路  $7\_3$  は、HDU5で得られた復号データ系列D中の、低信頼度データ位置保存部4に保存されたデータ位置のデータの論理を反転してCRC検査用のデータ系列を生成する。例えば、保存されたデータ位置が2箇所の場合は、CRC検査用のデータ系列は3通り（オリジナルのデータ系列を除く）生成される。本実施形態では、CRC検査用のデータ系列は最大でm通り生成されるものとする。

【0055】CRC検査回路  $7\_11, 7\_12, \dots, 7\_1m, 7\_1n$  には、ピット反転回路  $7\_3$  からのデータ系列  $1, \dots, m$ 、およびHDU5からの今回のデータ系列Dが入力される。CRC検査回路  $7\_11, 7\_12, \dots, 7\_1m, 7\_1n$  では、入力されたCRC検査用のデータ系列  $1, \dots, m, D$  のCRC検査が同時に行なわれ、CRC検査回路  $7\_11, 7\_12, \dots, 7\_1m, 7\_1n$  のうちのいずれかのCRC検査回路でCRC検査結果に誤りなしと判定された場合、その旨を示す信号が繰り返し制御回路  $7\_4$  に向けて出力される。

【0056】繰り返し制御回路  $7\_4$  は、この信号を受けてターボ復号の過程の繰り返しを終了させるための制御信号を出力する。これにより、SISOデコーダ  $1\_1, 1\_2$ 、インタリーバ  $2\_1, 2\_2$ 、インタリーバ  $3$  からなる復号部における復号過程の繰り返しが終了する。

【0057】選択回路  $7\_2$  は、CRC検査回路  $7\_11, 7\_12, \dots, 7\_1m, 7\_1n$  のうちの、CRC検査結果に誤りなしと判定されたCRC検査回路におけるデータ系列を選択して復号データとして出力する。

【0058】このように、本実施形態のターボ復号器10では、今回の繰り返し過程における軟判定結果中の低信頼度の低いデータ位置を低信頼度データ位置保存部4に保存し、低信頼度データ位置保存部4に保存されたデータ位置のデータの論理を反転して、データ系列DとともにCRC検査を行ない、CRC検査結果に誤りなしと

判定された場合に復号過程の繰り返しを終了するものであるため、例えばフェージングの発生によりデータ系列の一部にノイズが含まれた場合、そのデータ系列中の、ノイズが含まれたデータのみの論理が反転されてCRC検査が行なわれる。従って、CRC検査で誤りなしと判定される確率が高まることとなり、前述した論文(1999 IEEE Int'l. Symp. on Low Power Design)に提案された技術と比較し、CRC検査で誤りなしと判定されるまでの時間が短くて済み、消費電力の一層の低減化が図られる。また、特開平10-303759号公報に提案された、軟判定データをビット系列に復号し、そのビット系列に信頼度情報を附加してCRC検査を行なう技術と比較し、CRC検査を行なうために必要な時間が短くて済み、処理速度の遅延を抑えることができる。さらに、CRC検査回路7\_11, 7\_12, …, 7\_1m, 7\_1nでは、CRC検査が同時に実行されるため、CRC検査の処理速度が一層高められる。

## 【0059】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、 20

処理速度の遅延を抑えたまま消費電力の一層の低減化が図られる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態のターボ復号器のブロック図である。

【図2】従来の、ターボ符号器およびターボ復号器を用いた通信方式における回路構成を示す図である。

## 【符号の説明】

- 1\_1, 1\_2 SISOデコーダ
- 2\_1, 2\_2 インタリーバ
- 3 デインタリーバ
- 4 低信頼度データ位置保存部
- 5 HDU
- 7\_2 選択回路
- 7\_3 ビット反転回路
- 7\_4 繰り返し制御回路
- 7\_11, 7\_12, …, 7\_1m, 7\_1n CRC検査回路
- 10 ターボ復号器

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

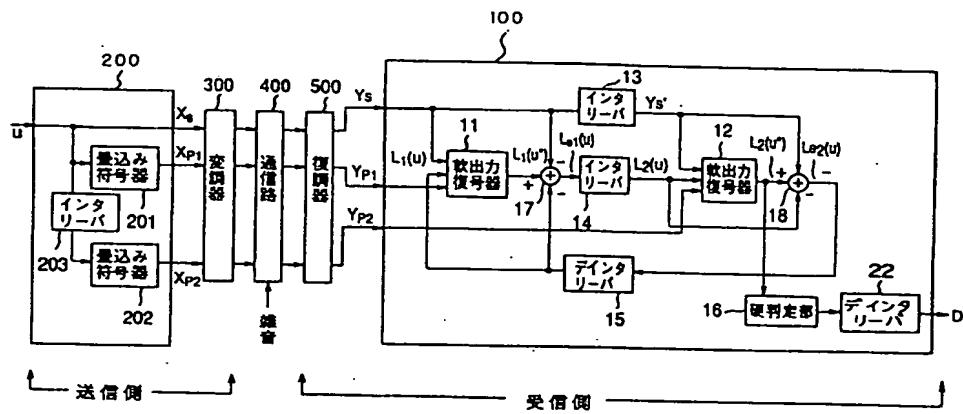
10

10

10

10

【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H 03M 13/29

13/41

13/45

識別記号

F I

H 03M 13/29

マークコード (参考)

13/41

13/45

F ターム (参考) 5B001 AA02 AA04 AA10 AB02 AC05  
 AD06 AE04  
 5J065 AC02 AD02 AD04 AD10 AE03  
 AE06 AF00 AG05 AG06 AH04  
 AH06 AH09 AH15 AH16 AH21  
 AH22